

El Holobionte Humano

Ignacio J. March Mifsut

Junio 2024, México

Ficha de divulgación científica No. 5

Forma sugerida de citar:

March Mifsut, I.J., 2024. El holobionte humano. Ficha de divulgación científica No. 5. México. 6 pp.

El cuerpo humano, uno de los organismos superiores mejor estudiados en el planeta, es una maravilla de la naturaleza, resultado de un largo y complejo proceso evolutivo que inició desde el momento en que la vida se originó en la tierra hace mas de 500 millones de años. Conforme más lo estudiamos, nos damos más cuenta de que nuestro cuerpo es una delicada “maquinaria de relojería” en la que las células, tejidos, órganos y sistemas, funcionan con una armonía sorprendente, hasta que esta se rompe por las enfermedades y por el desgaste que conlleva el tiempo.

Sin embargo, poca gente tiene en mente que la propia evolución nos ha ido convirtiendo en un *holobionte*, un concepto introducido por la genial científica Lynn Margulis (1938-2011), madre de la teoría de la endosimbiosis celular.

La endosimbiosis, es el proceso en el que bacterias establecieron una alianza permanente con células que primero las ingirieron, pero que eventualmente sobrevivieron y encontraron dentro de las células un ambiente más estable, protección y alimento. La endosimbiosis (o simbiogénesis) puede ser entendida como la asociación en la cual un micro-organismo, como por ejemplo una bacteria, habita en el interior de la célula de un organismo superior, relación que evoluciona con el tiempo hasta que el micro-organismo realiza funciones metabólicas indispensables para la célula y prácticamente se convierte en un organelo celular. Margulis planteó que fue de esta forma como las células de plantas y animales desarrollaron cloroplastos y mitocondrias respectivamente; estos dos tipos de organelos tienen su propio genoma y se pueden multiplicar de manera independiente de la célula. Mitocondrias y cloroplastos son las fábricas de energía para animales y plantas, y por ello indispensables para la sobrevivencia de cada una de sus células.

Un *holobionte*, es una entidad formada por la asociación de diferentes especies que conviven en una simbiosis que beneficia a toda la entidad en su conjunto.

En su formidable libro "*Yo contengo multitudes*", Ed Yong ¹ narra cómo el ser humano conlleva en sí mismo más células de otras especies que las suyas mismo. Las últimas estimaciones científicas calculan que un cuerpo humano tiene cerca de 30 billones de células humanas y 36 billones de células microbianas.

Resulta que todos los animales estamos cubiertos por dentro y por fuera de micro-organismos que constituyen la microbiota o microbioma. Los conceptos aplicados en la ciencia de la Ecología, son igualmente aplicables a la micro-biota: hay cadenas tróficas, preferencias de los micro-organismos por ciertos tipos de hábitat, competencia entre especies, etcétera.

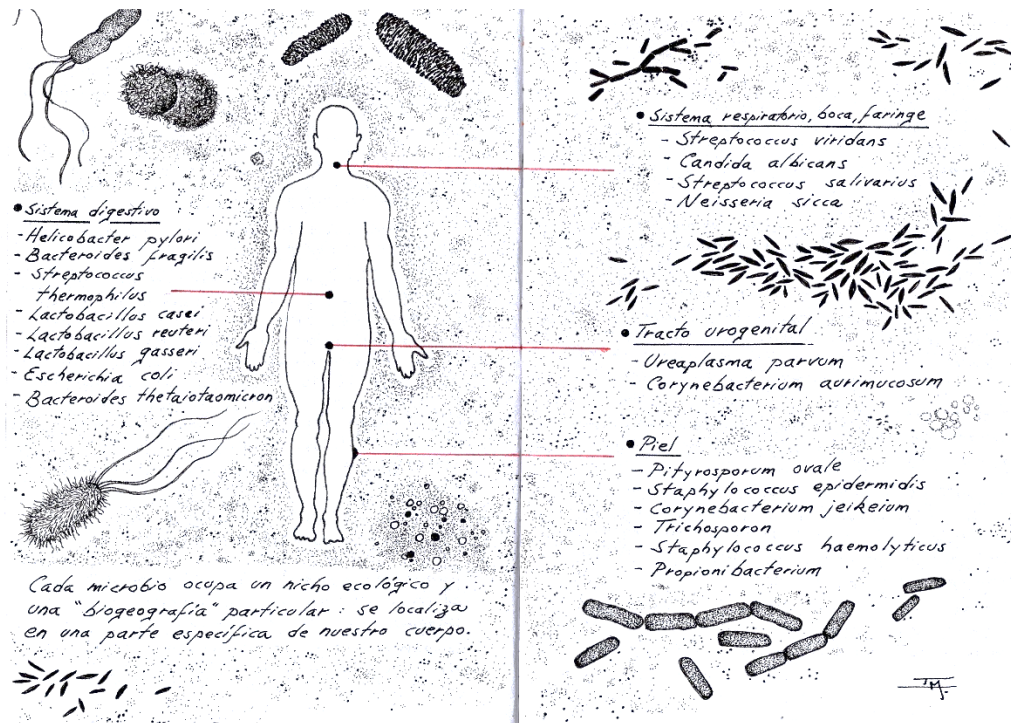
Los millones de microbios que viven en nuestro cuerpo y que nos resultan benéficos, constituyen en la práctica un órgano vital que está disgregado por todo nuestro organismo, en contraste con cualquiera de nuestros órganos que forman una sola "masa" unificada.

El hologenoma del holobionte, está conformado por el ADN de todas las especies que constituyen a la entidad. El genoma de nuestras células tiene entre 20 y 25 mil genes; el genoma de todos los microbios y organismos que viven en nosotros, tienen 500 veces más genes. Esta riqueza genética convierte a nuestros simbioses en "virtuosos de la bioquímica capaces de responder a cualquier reto".

Nuestro microbios y organismos simbioses, en su conjunto:

- 1) Nos ayudan a digerir los alimentos.
- 2) Producen vitaminas y minerales que faltan en nuestra dieta.
- 3) Descomponen toxinas y compuestos químicos peligrosos.
- 4) Nos protegen de enfermedades al desplazar o combatir a otros microbios dañinos.
- 5) Producen sustancias que determinan nuestro olor corporal, importante en la identidad social de los humanos.
- 6) Guían la construcción de nuestro organismo, liberando moléculas y señales que conducen el crecimiento de nuestros órganos.
- 7) Educan a nuestro sistema inmunológico.
- 8) Influyen en el desarrollo de nuestro sistema nervioso.

¹ Yong, Ed, 2016. *I Contain Multitudes: The Microbes Within Us and a Grander View of Life*. Harper Collins. 368 pp.



Cuando rompemos la alianza con nuestros microbios simbiotes, ponemos en riesgo nuestra salud y el equilibrio de toda la entidad. Los antibióticos, aplicados para combatir un micro-organismo pernicioso, pueden afectar a la micro-biota y no solo a los microbios que causan una enfermedad y que queremos eliminar.

La composición de especies de microbios es diferente conforme vamos creciendo; se va dando una sucesión en el microbioma, equivalente a los cambios de vegetación que ocurren en un ecosistema con el tiempo.

Arthur Isaac Kendall (1877-1959), pionero en el estudio de las bacterias intestinales, fue uno de los primeros en comprender que el cuerpo humano era el hábitat de diversos micro-organismos. En 1909, Kendall describió al intestino como "*una incubadora perfecta para las bacterias cuyas actividades no se oponen de forma activa a las del anfitrión*". Nuestro cuerpo es un anfitrión que da refugio a los micro-organismos que se han asociado a nosotros durante nuestra evolución.

Desde hace años, se ha buscado poder manipular a nuestras comunidades microbianas para mantener nuestra salud y aumentar nuestra longevidad; de ahí el uso de "probióticos", búlgaros, etc. Es interesante que en el zoológico de Amsterdam existe un museo especializado sobre los microbios; se llama "Micropia".

Los microbios simbióticos, aunque vivan en nuestro organismo, continúan siendo *entidades independientes, con sus propios intereses por prosperar y sus propias batallas evolutivas por ganar*.²

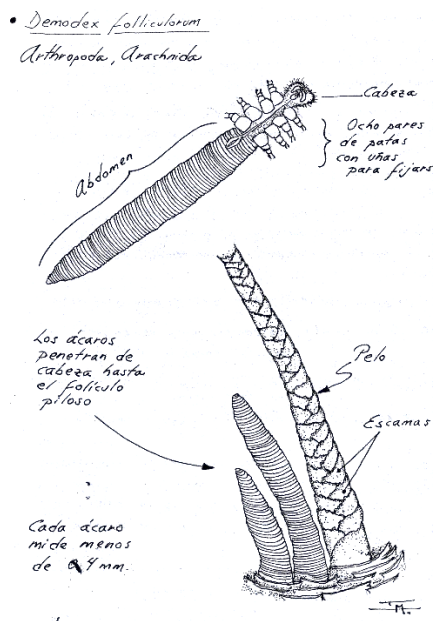
² Yong, 2016.

No hay microbios “buenos” y microbios “malos”, sino que hay un “continuo” de formas de vida, desde los parásitos que terminan matando a su huésped (como *Vibrio cholerae* que causa el cólera), hasta los microbios mutualistas que son prácticamente indispensables para la vida de su huésped (como los microbios de nuestra flora intestinal). Sin embargo, un mismo microbio en diferentes contextos o circunstancias, puede causar cáncer o úlceras gástricas, o protegernos contra el cáncer de esófago; este es el caso de *Helicobacter pylori*.

Hay bacterias que son benéficas en nuestro intestino, pero que son letales si están en nuestro torrente sanguíneo y que pueden causar una sepsis o septicemia que puede ser mortal.

El mundo de la simbiosis es un mundo en el que nuestros aliados pueden defraudarnos y nuestros enemigos ponerse de nuestro lado; es un mundo en el que las “alianzas mutualistas”, en las que ambas especies se ven beneficiadas por la asociación, se pueden romper por alguna razón. El gran escritor Herbert G. Wells (1866-1946), estudió biología y en 1930 escribió: “*Toda simbiosis está en el grado que le corresponde, acompañada por la hostilidad, y solo con una regulación apropiada, y con frecuencia con ajustes elaborados, puede entonces mantenerse el estado de mutuo beneficio*”.

Los distintos órganos y partes de nuestro cuerpo, ofrecen una variedad de tipos de hábitat para diversas especies de micro-organismos adaptados a condiciones diferentes.



Por ejemplo, nuestra piel está densamente poblada por diversas especies de micro-organismos, incluyendo bacterias, hongos y artrópodos microscópicos como los ácaros que viven asociados a nuestros folículos pilosos y glándulas sebáceas. El ácaro *Demodex folliculorum* vive en los folículos del pelo en nuestra cabeza, nariz, orejas, cejas y pestañas. *Demodex brevis*, por su parte, vive en nuestras glándulas sebáceas.

En las partes más húmedas de nuestra piel, como en las axilas y entre los dedos de los pies, pueden encontrarse hasta 10 millones de bacterias por centímetro cuadrados. En la piel de los antebrazos de personas saludables, se han encontrado hasta 182 especies de bacterias, pertenecientes a 91 géneros distintos.

En la boca humana, se han registrado más de 700 especies de micro-organismos y en el intestino más de 800 especies. Nuestro organismo, a través de distintos medios, marca a los microbios límites para que no se vuelvan perniciosos a nuestra salud.

Pero ¿qué pasa cuando a un humano se le termina la vida?; probablemente hay una secuencia específica en la que los demás integrantes del holobionte van también muriendo ante la falta de nutrientes y de condiciones bioquímicas apropiadas. En condiciones de un entorno natural, cuando nuestros ancestros morían como un animal silvestre, en el campo abierto, en un bosque o en una cueva, quizás algunos integrantes del holobionte se enquistaban o pasaban a otro humano o a un animal carroñero, o simplemente iban muriendo también, uno a uno.

Al morir el humano, los micro-organismos de la descomposición, colonizan el cadáver y pueden vivir de él por bastante tiempo. La ciencia que estudia el proceso de descomposición de un cadáver se llama Tafonomía. En la descomposición, ocurre la degradación de células y tejidos, así como una ruptura metabólica de la materia orgánica en moléculas más simples. El cuerpo inerte, pasa por tres etapas:

- 1) *Livor mortis*, la sangre deja de circular y la piel toma un tono azulado.
- 2) *Rigor mortis*, los tejidos y las articulaciones se endurecen.
- 3) *Algor mortis*, ocurre un enfriamiento del cadáver.

Los organismos aeróbicos (que requieren oxígeno para la respiración), agotan el oxígeno disponible hasta que se termina. Esto induce la proliferación de micro-organismos anaeróbicos (que pueden subsistir sin oxígeno) que generan la putrefacción.

En condiciones silvestres, distintos insectos como las moscas de las Familias Sarcophagidae y Calliphoridae, depositan sus huevecillos en el cadáver y luego sus larvas se alimentan de la materia orgánica en descomposición. El hinchamiento de un cadáver revela la actividad de las bacterias anaeróbicas que producen gases.

Entre los hongos y bacterias que colonizan el cadáver y se asocian con el proceso de descomposición están los siguientes: *Bacillos*, *Clostridium*, *Fusobacterium*, *Enterobacter*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, *Chromobacterium*, *Streptococcus*, *Acinetobacter*, *Pseudomonas* y *Proteus*.

De esta manera, las especies del holobionte cuando el humano muere, son reemplazadas por una comunidad biológica conformada por especies totalmente distintas. Es entonces cuando nuestro cuerpo se reintegra a la naturaleza, a través de numerosas especies que hacen posible este proceso de reciclaje orgánico.

Pero no somos el único holobionte ni mucho menos, hay muchos más: desde los peces abisales en las oscuras profundidades del mar, con sus bacterias bioluminiscentes, hasta los arrecifes de coral en las cálidas aguas de los trópicos. La Tierra misma es un holobionte gigantesco.

Los primeros organismos pluricelulares surgieron de la asociación de grupos de células de distintas especies asociadas en un esquema de simbiosis múltiple, es decir, holobiontes.

Se ha estimado que la diversidad de microbios que tiene la humanidad en su conjunto, podría llegar a las 10,000 especies, y se estima que en una sola persona puede haber hasta 1,000 especies microbianas, incluyendo arqueas, bacterias y eucariotas. De acuerdo con Rodney Dietert³, cada ser humano es un súper-organismo.

¿Qué podría suceder con nuestro organismo si la evolución tuviese el tiempo suficiente para que nuestras simbiosis maduraran aún más?, tal y como sucedió con las mitocondrias de nuestras células, producto de una endosimbiosis.

³ Dietert, R., 2016. The human superorganism.

Quizás en otros planetas existen holobiontes conformados por seres inteligentes que en su asociación hacen posible la existencia de longevos holobiontes súper-inteligentes y con capacidades sorprendentes... posiblemente, nunca lo sabremos.